



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL

CURSO DE AGRONOMIA

QUALIDADE DE SOLOS SOB DIFERENTES TIPOS DE USO E MANEJO NO ESTADO DA
PARAÍBA.

MAX KLEBER LAURENTINO DANTAS

AREIA-PB

FEVEREIRO DE 2014

MAX KLEBER LAURENTINO DANTAS

**QUALIDADE DE SOLOS SOB DIFERENTES TIPOS DE USO E MANEJO NO
ESTADO DA PARAÍBA.**

Trabalho de conclusão de graduação
apresentado ao curso superior em
Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigên-
cias para obtenção do título de En-
genheiro Agrônomo.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Djail Santos

AREIA-PB
FEVEREIRO DE 2014

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

D192q Dantas, Max Kleber Laurentino.

Qualidade de solos sob diferentes tipos de uso e manejo no estado da Paraíba./
Max Kleber Laurentino Dantas. - Areia: UFPB/CCA, 2014.
34 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências
Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.

Bibliografia.

Orientador (a): Djail Santos.

1. Solo 2. Uso do solo 3. Substâncias Húmicas 4. Semiárido I. Santos, Djail
(Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.4

**QUALIDADE DE SOLOS SOB DIFERENTES TIPOS DE USO E MANEJO NO
ESTADO DA PARAÍBA.**

por

MAX KLEBER LAURENTINO DANTAS.

Monografia aprovada em 13 de fevereiro de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Djail Santos

DSER/CCA/UFPB

-Orientador-

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

DSER/CCA/UFPB

-Examinador-

MSc. Emanuel Lima Martins

PPGCS/CCA/UFPB

-Examinador-

*Aos meus pais e irmãos e em especial a minha
namorada Suany, que sempre está ao meu la-
do, sobretudo nos momentos difíceis.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter colocado boas pessoas em meu caminho.

Aos meus pais Antonio Laurentino Filho e Maria Zilda Dantas, e aos meus irmãos Michael e Mayenne, sempre passando energias positivas e sempre na torcida por mim.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação, principalmente aos professores do Departamento de Solos e Engenharia Rural, minha eterna gratidão.

Ao professor Djail Santos, pelas oportunidades oferecidas, sua orientação e ensinamentos durante grande parte de minha graduação, e também por ser um exemplo de pessoa e profissional.

Ao professor Bruno Dias, pela amizade, incentivo, conselhos e os valiosos ensinamentos transmitidos.

A professora Vânia Fraga, por suas importantes contribuições e ensinamentos.

Ao professor Walter Esfraim, por seus ensinamentos e grande contribuição com a realização das análises estatísticas.

A todos os funcionários do DSER, em especial a Dona Marielza. Muito grato pela contribuição de todos.

Aos orientandos do professor Djail: Fabiana, Hiago e Aldeni, pela amizade e contribuições.

Ao colega Luiz Paulo, por suas importantes contribuições na realização deste trabalho.

Aos colegas do laboratório de Matéria Orgânica, Renato, Emanuel, Michely, Raposo, Mineiro. Com quem dividi momentos de sufoco e alegria.

Aos colegas de alojamento, Ariosto, Augusto e George sempre bem humorados e dividindo momentos de alegria durante esta caminhada.

Ao novo colega David (vulgo Chiquinho), por suas contribuições nos momentos finais do curso.

As amizades construídas durante a caminhada, desde o princípio, quando ainda não sabíamos do futuro na universidade: Ronaldo, Luana, Rommel, Rodolfo, Lucas, Begna, Dornelles, Antonio, enfim, toda a turma 2009.1.

A minha namorada Suany, a quem devo todas as minhas conquistas durante o curso. Meu Eterno Amor e Amizade.

A todos que ajudaram de forma direta e indireta para a realização desse sonho, concluindo essa importante etapa da minha vida. A todos o meu MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3.1. Objetivo Geral	3
3.2. Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Espodossolos e Luvisolos	4
2.2. Qualidade do Solo	5
2.3. Preparo do Solo	7
2.4. Matéria Orgânica, Biomassa e Polissacarídeos Totais do Solo	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1. Áreas Experimentais	11
4.2. Amostragem do Solo	13
4.3. Análises Laboratoriais	14
4.3.1. Fertilidade do Solo	14
4.3.2. Carbono Orgânico Total	15
4.3.3. Extração e Fracionamento das Substâncias Húmicas	15
4.3.4. Biomassa Microbiana do Solo	16
4.3.5. Teor de Polissacarídeos Totais do Solo	17
4.4. Análises Estatísticas	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1. Avaliação da Área em São João do Cariri	18
5.2. Avaliação da Área em Santa Rita	23
6. CONCLUSÕES	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização das áreas de estudo em Santa Rita-PB.....	12
Tabela 2: Caracterização das áreas de estudo em São João do Cariri-PB.....	13
Tabela 3. Carbono orgânico total e das frações húmicas em Luvissole.....	18
Tabela 4. Atributos químicos do solo em Espodossolo Humilúvico.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Médias de temperatura e pluviometria em Santa Rita e São João do Cariri.....	11
Figura 2: Mesorregiões geográficas do Estado da Paraíba.....	13
Figura 3. Carbono da biomassa microbiana em Luvissolo.....	21
Figura 4. Relação carbono da biomassa microbiana/carbono total do solo, em Luvisso- lo.....	22
Figura 5. Teores de polissacarídeos totais em Luvissoloso.....	23
Figura 6: Carbono da biomassa microbiana do solo em Espodossololo.....	24

DANTAS, Max Kleber Laurentino. **Qualidade De Solos Sob Diferentes Tipos De Uso e Manejo no Estado da Paraíba**. Areia - PB, Fevereiro de 2014. 34p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba. Orientador: Prof. Dr. Djail Santos.

RESUMO: O uso e o manejo, bem como a intensidade e o período de utilização do solo causam alterações nas suas propriedades, físicas, químicas e biológicas, assim como na qualidade e no grau de humificação da matéria orgânica. Este estudo teve como objetivo avaliar os impactos decorrentes do tipo de uso do solo, em função da substituição das coberturas vegetais originais, quanto as alterações em seus atributos químicos e biológicos, em regiões semiárida e na zona da mata do Estado da Paraíba. Na região semiárida amostras de solo foram coletadas em três sistemas de manejo: vegetação de caatinga preservada (CP), vegetação de caatinga preservada com pastoreio caprino (CPC), e cultivo de palma forrageira (PF). A amostragem foi realizada nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Foi realizado o fracionamento da matéria orgânica, carbono orgânico total, biomassa microbiana e polissacarídeos totais do solo. Na região da zona da mata, a amostragem foi realizada nas mesmas profundidades e os tratamentos estudados foram: mata nativa (MT); monocultivo com abacaxi com 30 anos de uso agrícola (A30); monocultivo com abacaxi com 20 anos de uso agrícola (A20); sucessão de cultivos, sendo abacaxi durante 15 anos, substituído por cana-de-açúcar (A15); Monocultivo de abacaxi durante 10 anos (A10), sendo realizado análise da fertilidade do solo e da biomassa microbiana. Na região semiárida o cultivo da palma forrageira, promoveu as maiores concentrações de carbono orgânico no solo, superiores aos da caatinga preservada e aos da caatinga com pastejo de caprino. No CPF foi evidenciado um menor grau de humificação da matéria orgânica, apresentando maiores teores de C na forma de ácidos fúlvicos em relação a fração ácidos húmicos, já os teores de polissacarídeos totais foram maiores na área de VCP. Na zona da mata, o tratamento A30, onde à incorporação dos restos culturais, promoveu os maiores teores de carbono da biomassa microbiana. Em geral, os teores de nutrientes sofreram perdas nas áreas onde não ocorreu um manejo conservacionista do solo, tendo a área A15, se destacado com relação aos teores de matéria orgânica do solo.

PALAVRAS-CHAVE: semiárido; zona da mata; substancias húmicas.

DANTAS, M. K. L. **Quality Of Soils Under Different Types Of Use and Management in the State of Paraíba.** Areia - PB. February 2014. 34f. Completion of course work (Undergraduate in Agronomy) - Centre for Agricultural Sciences - Federal University of Paraíba. Advisor: Prof. Dr. Djail Santos.

ABSTRACT: The use and management, as well as the intensity and duration of use of soil cause changes in their properties, physical, chemical and biological, as well as the quality and degree of organic matter humification. This study aimed to evaluate the impacts of the type of land use, due to the substitution of the original vegetation cover, as the changes in its chemical and biological attributes in semiarid regions and in the forest area of the State of Paraíba. In semiarid region soil samples were collected in three management systems: savanna vegetation preserved (CP), savanna vegetation preserved with grazing goats (CPC), and cultivation of cactus pear (PF). The amostragem was performed in the 0-5, 5-10 and 10-20 cm. Fractionation of organic matter, total organic carbon, microbial biomass and total polysaccharides were executed. In the forest zone of the region, sampling was performed at the same depths and treatments were native area (MT), with pineapple monoculture with 30 years of agricultural use (A30), with pineapple monoculture of 20 years of agricultural use (A20); succession of crops, and fruit during 15 years, replaced by cane sugar (A15); pineapple monoculture for 10 years (A10), being conducted analysis of soil fertility and microbial biomass. In the semiarid region of cactus pear cultivation, produced the greatest concentrations of organic carbon in soil, higher than the caatinga and the calabash with grazing goats. CPF was shown a lesser degree of humification of organic matter with higher C content in the form of fulvic acids compared to humic acid fraction, since the levels of total polysaccharides were higher in the area of VCP. In the forest zone, treatment A30, where the incorporation of crop residues, promoted the highest levels of microbial biomass carbon. In general, the levels of nutrients suffered losses in areas where there has been a conservation soil management, and the A15 area is highlighted with respect to the contents of soil organic matter.

KEYWORDS: semiarid; the forest zone; humic substances.

1. INTRODUÇÃO

A expansão da fronteira agrícola através de desmatamentos, adoção de mecanização intensiva e práticas de manejo inadequadas, promove alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, as quais levam ao processo de degradação, provocando redução da produtividade, principalmente devido à erosão superficial e consequente perda de nutrientes e matéria orgânica, o que torna a atividade agrícola mais difícil e mais onerosa (Salton & Hernani, 1998). A substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas com culturas introduzidas causam a redução no conteúdo e alteração na qualidade de carbono do solo (Duxbury et al., 1989; Feigl et al., 1995; Houghton, 1995). Segundo Paustian et al. (1998), com essa conversão dos sistemas naturais em sistemas agrícolas, a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) excede sua produção, resultando em perda de C do solo. Cultivar o solo, de maneira geral, traz algumas consequências em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, tais consequências podem acarretar em perdas na sua qualidade, principalmente quando o mesmo é manejado de maneira convencional. Alguns autores, como Dalla Rosa (1981) e Blancaneaux et al. (1993), relatam que a degradação da qualidade do solo é um evento que está diretamente relacionado com a diminuição do teor de matéria orgânica e também com a compactação pelo tráfego. É amplamente conhecida a importância dos organismos edáficos na ciclagem de nutrientes necessários para o crescimento de plantas e animais, além da sua atuação na manutenção das condições físico-químicas e fertilidade deste ambiente (Pagga, 1997).

As práticas de manejo do solo nos sistemas de produção convencionais tendem a promover a perda de matéria orgânica, erosão e contaminação das águas subterrâneas, além de danos à microbiota e seus processos bioquímicos (Araújo e Monteiro, 2007). No estado da Paraíba, de maneira geral, a maioria dos sistemas de produção se utiliza de modos de preparo convencionais do solo, como é o caso da produção de abacaxi, que ocorre com destaque nas regiões do Litoral e Zona da Mata, onde a associação do sistema de preparo e a textura arenosa do solo contribuem com a queda da produtividade (Brito, 2005). Na região semiárida se observa o predomínio de sistemas agropecuários basicamente extrativistas, sem nenhum método conservacionista, onde o solo é explorado até seu esgotamento. Nas atividades pecuárias, predomina o superpastoreio, a agricultura é desenvolvida à custa de desmatamento indiscriminado, queimadas e períodos de pousio inadequados (Maia *et al.*, 2008).

O solo é considerado um recurso natural de extrema importância para a manutenção da qualidade do meio ambiente e, conseqüentemente, pela sanidade de plantas, animais e seres humanos, além da sua qualidade ser responsável pelas boas produtividades da agropecuária (Sharma *et al.*, 2005). No entanto, na Paraíba, o que vem se tornando cada vez mais nítido é o uso de forma não adequada desse importante recurso natural, isso vem acarretando quedas de produtividade e comprometendo a qualidade do solo, sendo assim há uma grande importância que diferentes sistemas de manejo sejam estudados regionalmente, sob diferentes condições de clima e solo, otimizando o conhecimento sobre o potencial do manejo conservacionista e os efeitos em nível global.

2. OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

O objetivo desse estudo foi avaliar os impactos decorrentes dos diferentes tipos de uso e manejo do solo em região semiárida e na zona da mata do estado da Paraíba.

2.2 - Objetivos específicos

2.2.1 - Avaliar a variabilidade no carbono das frações da matéria orgânica e biomassa microbiana e os teores de polissacarídeos totais em solo sob diferentes tipos de uso.

2.2.2 - Verificar o efeito do tempo de adoção do manejo de incorporação dos restos culturais na fertilidade e biomassa microbiana do solo, em razão da substituição da mata nativa por agroecossistemas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Espodossolos e Luvissolos

Os Espodossolos, anteriormente classificados como Podzóis, são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte diagnóstico B espódico, simbolizado por Bh, Bs ou Bhs, conforme prevalência do acúmulo de matéria orgânica (h), óxidos de alumínio e, ou ferro (s) ou ambos (hs), que se localiza imediatamente abaixo de horizonte E, A (mais raramente), ou horizonte hístico. Os Espodossolos apresentam textura arenosa ao longo do perfil, sendo poucos os casos reconhecidos com textura média, quimicamente são solos ácidos e de baixa fertilidade natural (Oliveira, 2007a).

O conceito de Espodossolo desenvolveu-se daquele de Podzol, amplamente utilizado em outros sistemas de classificação, para caracterizar solos desenvolvidos a partir de sedimentos arenosos de regiões temperadas e boreais do hemisfério norte, cuja característica marcante é a presença de um horizonte superficial escuro, resultante da translocação e acúmulo de complexos orgâno-metálicos, pelos processos de queluviação e quiluviação, respectivamente. O termo Podzol foi utilizado em 1979 por Dockuev na Rússia, onde é de uso vernacular, constituído de “pod”, significado sob, e “Zola”, significado cinza, referindo-se ao horizonte

subsuperficial esbranquiçado pela ação agressiva de ácidos orgânicos, lembrando a coloração cinza de madeira queimada (McKeague et al., 1983; Driessen & Dudal, 1989).

No atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2006) os Espodossolos são solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte B espódico abaixo de quaisquer horizontes A ou E horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura, os horizontes B espódicos são formados pelo acúmulo de compostos amorfos de alumínio e ferro iluviados associados a materiais orgânicos. Os horizontes B espódicos podem se apresentar cimentados por matéria orgânica e alumínio com ou sem ferro (Embrapa, 2006).

Luvissolos são solos minerais não hidromórficos definidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006) pela presença de horizonte subsuperficial diagnóstico textural (Bt) imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, exceto A chernozêmico, ou sob horizonte E, argila de atividade alta e saturação por bases alta. Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (60 a 120cm), com nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles. Grande parte dos solos desta classe possui mudança textural abrupta (alto gradiente textural). São moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraível baixos ou nulos e presença, em quantidade variável mas expressiva, de argilominerais do tipo 2:1 indicando atividade alta da argila. Podem ou não apresentar pedregosidade na parte superficial e/ou caráter solódico ou sódico, na parte subsuperficial (Embrapa, 2006).

Classificado anteriormente como Bruno não Cálcicos, É comum na região Semiárida nordestina a ocorrência de associações Luvissolos Crômicos (Souza, 2000), que estão e em sua grande parte sob vegetação de caatinga (Oliveira, 2007b). É característico dos Luvissolos apresentarem-se como solos minerais não hidromórficos, com argila de atividade alta de saturação por bases alta (eutróficos), com horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo de horizonte A fraco ou moderado, ou ainda de um horizonte E. De forma que não satisfaçam os requisitos para ser classificados como Plintossolos ou Gleissolos. Assim, caso o horizonte plínico esteja presente, não deverá estar acima e nem coincidente com a parte superficial do horizonte B textural. Mesma condição se presente o horizonte glei (Embrapa, 2006).

Nos Luvissolos encontrados na região semi-árida do Nordeste Brasileiro as principais atividades agropecuárias desenvolvidas são segundo Jacomine *et al.* (1996) a criação extensiva de bovinos e caprinos, cultivo de palma forrageira, algodão, milho, feijão e sorgo.

3.2. Qualidade do Solo

A rápida degradação do solo sob exploração agrícola no mundo, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou nas últimas décadas, a preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração agrícola (Lal & Pirce, 1991). Desde então, vários conceitos de qualidade do solo foram propostos, o melhor deles, porém, define a qualidade do solo como sendo a sua capacidade em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra (Doran & Parkin, 1994).

Qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade das plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens (Doran, 1997). Sendo assim, qualidade do solo é a capacidade do solo exercer suas funções na natureza: servir como um meio de crescimento das plantas; regular e compartimentalizar os fluxos de água no ambiente; estocar e promover a ciclagem de elementos na biosfera; e funcionar como um tampão ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (Doran, 1997; Larson & Pierce, 1994; Karlen et al., 1997).

A avaliação da qualidade do solo tem sido tema muito discutido recentemente pela comunidade científica. A qualidade do solo aborda três linhas de pensamento: a primeira procura identificar os melhores indicadores (atributos ou propriedades), físicos, químicos e biológicos de funções que o solo deve cumprir, por exemplo produtividade; a segunda considera a matéria orgânica do solo, bem como seus compartimentos, como o melhor indicador de qualidade do solo e a terceira deixa de lado os indicadores e procura analisar os processos no sistema solo-planta, envolvendo o nível de organização dos componentes do solo (Goedert & Oliveira, 2007).

No Brasil, a qualidade do solo tem sido mais abordada pela primeira linha de pensamento, um dos desafios da pesquisa é como avaliar a qualidade do solo, de uma maneira simples e confiável. Ela pode ser avaliada por meio da quantificação de alguns indicadores ou atributos, ou seja, de propriedades físicas, químicas e biológicas que possibilitem o monitoramento de mudanças no estado de qualidade deste solo (Goedert & Oliveira, 2007). Em termos gerais, têm sido definidos três grupos de indicadores: os que oscilam em curto espaço de tempo (como temperatura, pH, teor de nutrientes, atividade de microrganismos etc.); aqueles alteráveis após manejo do solo por alguns anos (tais como densidade, agregação, permeabilidade, teor

de matéria orgânica, resistência a penetração etc.); e atributos inerentes ao tipo de solo e que servem para classificar os solos (como textura, mineralogia, profundidade, cor, densidade de partículas etc.) (Doran & Parkin, 1994).

O solo tem propriedades químicas, biológicas e físicas que interagem de maneira complexa, determinando sua qualidade e capacidade de uso. Dessa forma, ainda que sua qualidade não possa ser medida diretamente, pode ser inferida a partir das mudanças avaliadas nos seus atributos ou nos atributos do ecossistema, conhecidos como indicadores (Seybold et al., 1997). Muitos modelos têm sido usados para permitir uma estimativa quantitativa da qualidade do solo, muitos desses modelos valorizam a qualidade do solo pela avaliação de suas funções-chaves, as quais são quantificadas usando os parâmetros físicos, químicos e biológicos (Facci, 2008). Esses sistemas têm mostrado o potencial de diferenciação de qualidade do solo em áreas que receberam regimes de manejo agricultáveis contrastantes (Glover et al., 2000).

Segundo Wang & Gong (1998) e Mello (2006) qualidade do solo é a base para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e, para tanto, sua manutenção dentro dos limites do ecossistema e da interação positiva com os ecossistemas vizinhos ao longo do tempo é um requisito fundamental.

3.3. Preparo do Solo

A agricultura vem passando por um momento de transformação, onde novos conceitos são discutidos, na tentativa de aplicá-los aos agroecossistemas como forma de reverter o processo de degradação ao qual têm sido submetidos os solos agrícolas em todo o mundo (Colozzi Filho et al., 1999).

O preparo do solo afeta o crescimento vegetal e sua produtividade final por atuar diretamente sobre os fatores físicos, químicos e biológicos do solo, alternando a disponibilidade de recursos hídricos e nutricionais às plantas (Gonçalves et al. 2002). Concomitantemente, o preparo afeta a conservação do solo, podendo aumentar as perdas erosivas de valores praticamente nulos até valores acima da tolerância aceitável de erosão para aquele determinado solo, reduzindo assim o seu potencial produtivo no longo prazo (Bertoni et al., 1995; Gonçalves et al., 2000).

Segundo Silva *et. al* (2005) dizem que os solos quando submetidos a determinados sistemas de manejo, tendem a um novo estado de equilíbrio, refletido em diferentes manifestações de seus atributos, os quais poderão ser desfavoráveis à conservação do solo e a produção das culturas.

De acordo com o sistema de manejo do solo empregado, como por exemplo, o tipo de preparo de solo, efeitos diferenciados sobre suas características podem ser notados. Pois os efeitos nesse caso são dependentes da intensidade de revolvimento, do trânsito de máquinas, do tipo de equipamento utilizado, do manejo dos resíduos vegetais e das condições de umidade do solo no momento do preparo (Vieira & Muzille, 1995).

Existe uma íntima relação entre o manejo e a qualidade do solo, pois alguns tipos de manejo, como o preparo convencional podem segundo Fontenele *et al.* (2009) romper os agregados da camada preparada e acelerar a decomposição da matéria orgânica, refletindo negativamente na infiltração e retenção de água, aeração, selamento e encrostamento superficial, o que leva à diminuição da produtividade do solo e a consequente degradação ambiental. Bertol *et al.* (2004) afirmam ainda que a intensidade dessas alterações além de serem afetadas pelo tipo de manejo, também sofrem influência do sistema de cultivo adotado e de fatores edafoclimáticos.

Segundo Da Ros *et al.* (1997), os sistemas de manejo com menor revolvimento do solo e que proporcionam acúmulo de resíduos vegetais na sua superfície promovem a manutenção e a recuperação de suas características físicas. Já Nóbrega (1999) acrescenta que grandes quantidades de resíduos vegetais com relação C/N moderada podem ajudar a estabilizar a estrutura do solo por períodos maiores, atribuindo-se esse efeito ao reforço interno dos agregados originado das secreções bacterianas. Nesse sentido é interessante que os agricultores adotem sistemas de preparo do solo que visem a sustentabilidade dos agroecossistemas.

3.4. Matéria orgânica, biomassa e polissacarídeos totais do solo

O solo é um compartimento terrestre que apresenta grande dinamismo em seus constituintes e está intimamente ligado às características e aos processos que ocorrem na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. A fase sólida é constituída da fração mineral e orgânica. A fração orgânica corresponde à matéria orgânica do solo (MOS), constituída basicamente por

C,H,O,N,S, e P. Sendo que o C compreende cerca de 58% da MOS (Silva & Mendonça, 2007).

A MOS é o maior reservatório de C terrestre, se as reservas fósseis não forem consideradas, representando cerca de duas vezes a quantidade de C da atmosfera e da biomassa vegetal (Swift, 2001). Sua constituição é bastante complexa, sendo formada por diversas frações com tempos de residência variando desde semanas (como a biomassa microbiana) até milhares de anos (como a fração humina). Na maioria dos solos, as formas mais recalcitrantes são dominantes em termos quantitativos e, portanto, constituem um compartimento que desempenha papel crucial no seqüestro do C em formas estáveis, com prolongado tempo de residência (Stevenson, 1994; Trumbore, 2000).

A importância da matéria orgânica do solo (MOS) para os diversos processos físicos, químicos e biológicos é amplamente reconhecida na literatura. A MOS desempenha diversas funções no ambiente, estando ligada a processos fundamentais como a ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo e dinâmica da água, além de ser a fonte básica de energia para a atividade biológica. Sua perda pode interferir drasticamente nesses processos, dificultando o desempenho das funções do solo, provocando desequilíbrios no sistema e, conseqüentemente, desencadeando o processo de degradação (Roscoe et al. 2006).

No solo a matéria orgânica é acumulada por meio da biomassa e detritos orgânicos. Em ecossistemas equilibrados os níveis de matéria orgânica são determinados pelo balanço da produção de biomassa, estabilização de detritos e a mineralização dos materiais orgânicos. Quando esse balanço é rompido pela introdução de práticas agrícolas ou mudanças no sistema de cultivo que alterem os padrões de produção primários, bem como a estabilização e perda de matéria orgânica, os conteúdos de matéria orgânica do solo são modificados. Estes, por sua vez, alteram a estrutura das comunidades e por conseqüência a atividade microbiana do solo. Isto porque existe uma estreita relação entre matéria orgânica (quantidade e qualidade) e a biomassa microbiana do solo (Cattelan & Vidor, 1990; Ruedell, 1995).

Larson & Pierce (1994) propuseram um conjunto mínimo de variáveis químicas, físicas e biológicas que, acompanhadas ao longo do tempo são capazes de detectar as alterações da qualidade do solo em função do manejo. E a MOS encontra-se entre essas variáveis, esse atributo é citado em toda literatura sobre o assunto, como indicador chave da qualidade do solo (Doran, 1997; Reeves, 1997).

Um fator relacionado a MOS que colabora com a desaceleração dos processos de degradação, que são geralmente causadores de alterações que influenciam o ciclo energético e biogeoquímico dos ecossistemas e também a agregação do solo, são os microorganismos (Siqueira et al., 1991). Os componentes microbianos vivos do solo são também denominados de biomassa microbiana e as bactérias e fungos respondem por cerca de 90% da atividade microbiana do solo (Andreola & Fernandes, 2007).

O teor de carbono e da biomassa microbiana do solo, é um importante indicador da alteração imposta pelo cultivo do solo, sendo estes influenciados pelo tipo de uso da terra. (Cattelan e Vidor, 1990). A biomassa dos microorganismos é reciclada cerca de dez vezes mais rapidamente que a fração orgânica morta do solo. Atuando como principal componente do subsistema de decompositores regula a ciclagem de nutrientes, fluxo de energia e a produtividade das culturas e do ecossistema (Jenkinson & Ladd, 1981; Smith & Paul, 1990; Wardle, 1998; De-Polli & Guerra, 1999). O estudo da interação de fatores intrínsecos do solo com a biomassa se torna importante, sendo ela um excelente índice para diagnosticar as alterações nas características biológicas do solo (Carter, 1986).

Os microrganismos fazem parte do solo de maneira indissociável, sendo responsáveis por inúmeras reações bioquímicas relacionadas não só com a transformação da matéria orgânica, mas também com o intemperismo das rochas. Assim, os microrganismos do solo desempenham papel fundamental na gênese do solo e ainda atuam como reguladores de nutrientes, pela decomposição da matéria orgânica e ciclagem dos elementos, atuando, portanto, como fonte e dreno de nutrientes para o crescimento das plantas (Andreola & Fernandes, 2007).

No solo o grupo dos polissacarídeos, principal representante dos carboidratos, também exercem papel importante, representando aproximadamente um quarto da MOS estão frequentemente presentes no solo, são fortemente adsorvidos por argilas cauliníticas e montmoriloníticas no solo. Essa adsorção pode ocorrer tanto nas superfícies dos minerais quanto em espaçosinterlamelares dos minerais (Parfitt & Greenland, 1970; Oades, 1978). São importantes na fertilidade do solo, pois são ligados as argilas por pontes de H formados entre os grupos OH dos polissacarídeos e átomos de oxigênio da fase sólida do solo (Kohl & Taylor, 1961). Íons, como Fe^{3+} , Al^{3+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^{+} , participam da adsorção de polissacarídeos às argilas (Dontsova & Bigham, 2005).

Também exercem papel importante na física do solo, Cheshire et al. (1983) evidenciaram a ação cimentante de polissacarídeos no solo, esses autores verificaram que a oxidação seletiva de polissacarídeos no solo por periodato causou desagregação do solo tanto maior quanto mais intensa foi a oxidação. Sendo assim, esta é uma variável que pode facilmente ser incluída como possível indicadora da qualidade do solo, uma vez que são agentes cimentantes de extrema importância na agregação do solo principalmente em se tratando de macroagregados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Áreas experimentais

Foram contempladas neste estudo duas regiões do estado da Paraíba, sendo uma na mesorregião da Borborema e outra na Zona da Mata. Na figura 1 segue os dados climáticos dos municípios abordados nesta pesquisa (figura 2).

Na Borborema foram selecionadas três áreas sob diferentes sistemas de manejo, pertencentes a Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, no município de São João do Cariri - PB. O solo do local é classificado como Luvisolo Crômico (Jacomine, 1972). O município de São João do Cariri está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1.000 metros. A vegetação desta unidade é formada por *Florestas Subcaducifólia e Caducifólia*, próprias das áreas agrestes. O clima é do tipo *Tropical chuvoso*,

com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro (CPRM, 2005). As áreas selecionadas para o estudo foram: (CP); (CPC) e (PF), as mesmas estão descritas na tabela 2.

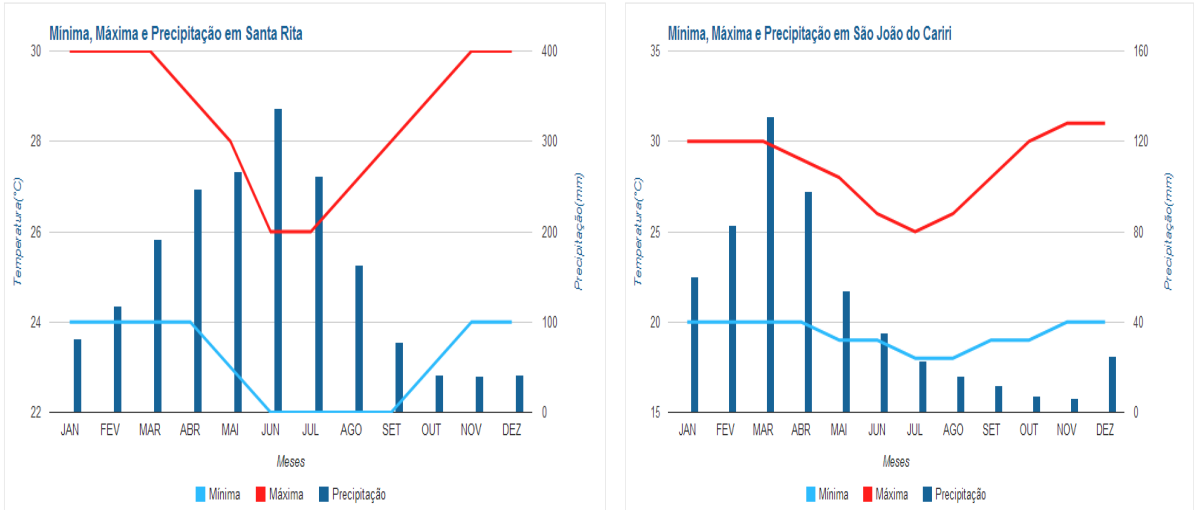


Figura 1: Médias de temperatura e pluviosidade em Santa Rita e São João do Cariri, no período de 30 anos. Fonte: INMET/CFS/Interpolação.

Na Zona da Mata foram estudadas cinco áreas sob diferentes tipos de manejo, pertencentes a Granja Sertaneja, localizada a 12 km da sede do município de Santa Rita - PB, tabuleiros costeiros, que é referência estadual no cultivo de abacaxi a qual está definida pelas coordenadas geográficas de 7°14'22'' S, 34°59'13'' W e altitude de 16 metros. O clima da região é quente e úmido com temperatura média variando entre 22 e 26 °C, e precipitação anual de 1.500 mm concentrados entre as estações de outono-inverno. A área experimental foi instalada em solo caracterizado como Espodossolo Humilúvico (Embrapa, 2006). Os sistemas de manejo estudados foram: (A30); (A20); (A15); (A10) e (MT). Na tabela 1 segue a descrição dos referidos tratamentos.

Tabela 1: Tratamentos e caracterização das áreas de estudo em Santa Rita-PB.

Área/Tratamento	Histórico de uso e manejo
A30	Área sob cultivo convencional, com aproximadamente 3ha sob cultivo de abacaxi em substituição a mata nativa. O solo é preparado para cultivo da mesma forma ao longo dos últimos 30 anos utilizando grade aradora, incorporando os restos culturais do abacaxizeiro, aguardando-se para a decomposição prévia dos resíduos com intervalo de 30 dias. Na ocasião do plantio é realizada a adubação orgânica com esterco bovino.

A20	Esta área está localizada ao lado da anteriormente descrita, tendo sido estabelecida dez anos mais tarde. Foi realizado o desmatamento de uma nova área de mata nativa para sua instalação estando o plantio com 20 anos de implantação. O histórico e o manejo desta área mostraram-se semelhantes aos da A30, no entanto, este talhão diferenciou-se pelo fato de terem sido realizados experimentos de campo no período de 2002 a 2010 envolvendo adubações orgânicas, minerais, e calagem.
A15	Esta área encontra-se localizada ao lado da anteriormente descrita, sendo de uma propriedade vizinha, tendo, portanto um manejo diferenciado. Nesta propriedade tem-se de uma sucessão de cultivos, sendo que, foi cultivado abacaxi sob sistema convencional plantio durante 15 anos, substituído por cana de açúcar atualmente com dois anos de plantio. A diferença está basicamente na incorporação dos restos culturais do abacaxizeiro, na maioria dos ciclos a palhada do abacaxizeiro é exportada, destinada para diversos fins.
A10	Esta área está localizada ao lado da anteriormente descrita. Tem-se de uma sucessão de cultivos, sendo que, nesta área o solo foi cultivado com abacaxi sob sistema convencional de plantio durante 10 anos, sendo substituído por cana de açúcar com um mês de plantio apresenta o mesmo manejo da A15. Para implantação da cana-de-açúcar, foram abertos apenas os sucros de plantio e plantando os colmos aproveitando a adubação residual do abacaxizeiro.
MT	É caracterizada pela presença de mata atlântica com uma área aproximada de 4,0 ha, vegetação nativa da região, sendo caracterizada como área de reserva legal da propriedade granja sertaneja e permanece inalterada, foi utilizada como referencial no estudo comparativo às alterações promovidas pelo manejo do solo.

MT: Área sob mata nativa (fragmento de mata atlântica); A30: Área com trinta anos cultivo de cultivo abacaxi; A20: Área com vinte anos cultivo de cultivo; A15: Área com quinze anos cultivo de cultivo abacaxi seguido de dois anos de cultivo com cana de açúcar; A10: Área com dez anos cultivo de cultivo abacaxi.

Tabela 2: Tratamentos e caracterização das áreas de estudo em São João do Cariri.

Área/Tratamento	Histórico de uso e manejo
CP	Área sob vegetação de caatinga preservada, a mesma já foi antropizada, sendo utilizada para pastejo caprino e há aproximadamente dez anos está fechada sem intervenção antrópica. Foi selecionada como um referencial

para o estudo.

CPC

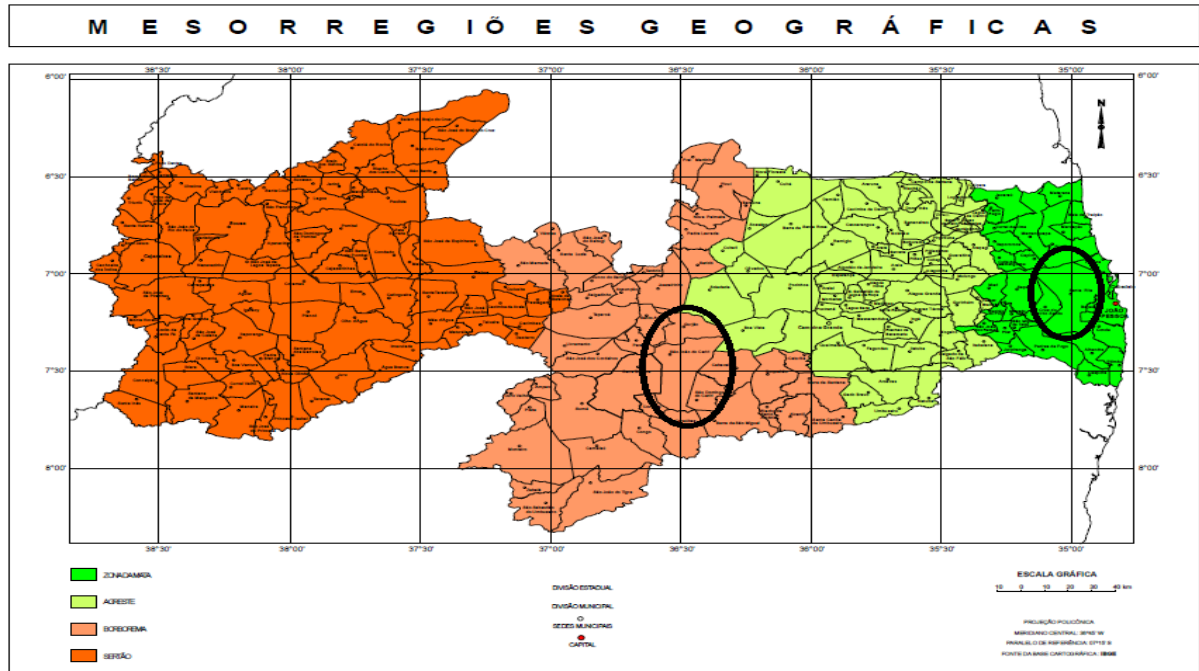
Localizada próxima da anteriormente descrita, esta área é uma vegetação de caatinga que vem sendo utilizada pelos últimos seis anos com pastoreio de caprinos constantemente.

PF

Área separada das descritas anteriormente, preparada sob sistema convencional, com aração e gradagem, vem sendo cultivada com palma forrageira pelos últimos cinco anos. Tratos culturais, como limpeza do terreno não são realizados com frequência, sendo observadas grande quantidade de ervas daninhas.

CP = Caatinga preservada; CPC = Caatinga com pastejo caprino; PF = Palma forrageira.

Figura 2: Mesorregiões geográficas do estado da Paraíba – em destaque os municípios trabalhados.



Santa Rita (região destacada na área verde); São João do Cariri (região destacada na cor rosa). Fonte: base cartográfica IBGE.

4.2. Amostragem do solo

Em São João do Cariri a coleta do solo foi realizada em período seco, no mês de fevereiro, da seguinte forma: em cada tratamento foram definidos aleatoriamente três pontos de amostragem equidistantes, representando as repetições. Tais pontos foram demarcados com um GPS, nos respectivos tratamentos, CP; CPC; PF: (07°22'14,4"S- 36°31'45,6"W), (07°22'14,6"S-36°31'44,4"W), (07°22'13,2"S-36°31'45,2"W); (07°22'30,1"S-36°31'44,9"W), (07°22'31,1"S-36°31'44,4"W), (07°22'29,5"S-36°31'46,6"W);(07°22'53,3"S-36°31'51,3"W), (07°22'54,3"S-36°31'51"W), (07°22'53,7"S-36°31'49,9"W), com altitudes variando entre 400 e 504 metros.

Em cada ponto foi aberta uma minitrincheira com as dimensões de 30 × 30 × 30 cm e foram coletadas três subamostras de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, as amostras foram armazenadas em recipientes plásticos apropriados para proteção da integridade do material até a chegada ao laboratório. Após seco ao ar, foi avaliado o carbono orgânico total, das frações da matéria orgânica, e da biomassa microbiana do solo assim como o teor de polissacarídeos totais do solo (PST).

Em Santa Rita procedeu-se da seguinte forma: cada tratamento ocupou uma área de 1200 m², nestes foram definidos quatro pontos de amostragem definidos aleatoriamente, representando as repetições. Foram coletadas amostras de solos em três camadas (0-5, 5-10 e 10-20 cm), em cada profundidade de cada tratamento foram coletadas quatro amostras simples de solo, para formar três amostras compostas. Para isso foram abertas minitrincheiras de 30 cm de profundidade e com o auxílio de uma régua graduada foram identificadas as profundidades e com a espátula foram retiradas as das amostras nas três profundidades. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes e colocadas em caixas térmicas para serem encaminhadas ao laboratório. Após isso foi feita uma análise da fertilidade do solo e a avaliação do carbono total e da biomassa microbiana do solo.

Todas as análises foram realizadas no laboratório de matéria orgânica do solo do, e no laboratório de química e fertilidade do solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA/UFPB.

4.3. Análises laboratoriais

4.3.1. Fertilidade do Solo

Com relação a fertilidade do solo, foram realizadas as seguintes análises: pH; Potássio (K), Fósforo (P), Sódio (Na), Hidrogênio + Alumínio (H+Al), Alumínio (Al), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Matéria Orgânica (MO). Em função dessas determinações foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC) e a percentagem de saturação por base (V) (Tedesco et al., 1997).

4.3.2. Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total (COT) do solo foi determinado pelo método de Yeomans e Bremner (1988), segundo Mendonça e Matos (2005), através da oxidação da matéria orgânica via úmida, com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido, com fonte externa de calor. Pesou-se aproximadamente 0,5g de solo e transferiu-o para tubos de digestão. Adicionou-se 5 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ mol L^{-1} com uma pipeta volumétrica, em seguida acrescentou 7,5 mL de H_2SO_4 concentrado. Após o pré-aquecimento do bloco digestor ate a temperatura de 170°C, os tubos foram colocados no bloco e mantidos nesta temperatura por 30 minutos. Em seguida, foram deixados esfriando na capela de digestão por aproximadamente 20 minutos. Transferiu quantitativamente o conteúdo de cada tubo para erlenmeyers de 250 mL, utilizando-se água destilada suficiente para um volume final de cerca de 80 mL. Deixou-se a solução esfriar ate a temperatura ambiente, adicionou-se 0,3 mL, aproximadamente 3 gotas, da solução indicadora ferroin e titulou-se com a solução de sulfato ferroso amoniacal.

4.3.3. Extração e Fracionamento de Substâncias Húmicas

A extração e fracionamento de substâncias húmicas foi realizado conforme a metodologia recomendada por Benites et al.(2003), que se baseia na solubilidade diferencial dessas frações em meio alcalino e ácido, adaptada da metodologia recomendada pela Sociedade Inter-

nacional de Substâncias Húmicas, e o carbono das frações determinado conforme citado acima. Para isso foram pesados aproximadamente 3 gramas de solo em tubos de centrifuga de 50ml, em seguida pipetou-se 30ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1M em cada tubo, estes permaneceram em agitador vertical por 4 horas para que ocorresse a reação com o solo, após o descanso por 24 horas os tubos foram centrifugados e o sobrenadante transferido para copos de plástico. Na segunda etapa foram adicionados mais 30ml de NaOH, sempre respeitando a relação solo:extrator 1:10p/v, agitado por uma hora e deixado em descanso por mais uma hora, após centrifugar novamente o sobrenadante foi adicionado ao anterior. Os extratos alcalinos nos copos plásticos contém as frações ácido húmico (FAH) e fúlvicos (FAF) cujo pH foi aferido para aproximadamente 2, com solução de H₂SO₄ (20%). Estas frações são definidas operacionalmente em relação às suas solubilidades em meio aquoso em função do pH da solução extratora, soluções alcalinas, normalmente NaOH 0,1 mol L⁻¹, extraem os ácidos húmicos e os ácidos fúlvicos do solo deixando a humina ligada à fase mineral. A acidificação do extrato alcalino, de coloração preta, resulta na coagulação da fração dos ácidos húmicos (precipitado preto ou amarronzado), enquanto a fração dos ácidos fúlvicos permanece solúvel (solução amarela amarronzada). O resíduo remanescente nos tubos contém a fração humina, estas foram levadas para estufa a 45°C, após ajustado o pH dos recipientes contendo as frações AF e AH, os mesmos foram centrifugados novamente, a fração AF foi transferida para balões de 50ml e completado o volume com água destilada, a fração AH também foi transferida para balões de 50ml e completado seu volume também com água destilada. Com isso determinou-se o índice de humificação, através da relação entre os teores de C das frações AF e AH (C-AF/C-AH).

4.3.4. Biomassa Microbiana do Solo (Método Fumigação-Extração):

As amostras de solo foram esterilizadas por fumigação com clorofórmio em dessecador sob vácuo, (Vance et al., 1987). O carbono da biomassa foi extraído com solução de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹, e quantificado por colorimetria, utilizando-se o permanganato de potássio como agente oxidante. Para isso copos de vidro contendo 10g de solo passado em peneira de 2mm, foram colocados em um dessecador com tampa ligado a uma bomba a vácuo, no interior do

dessecador foi colocado um becker contendo aproximadamente 30ml de clorofórmio isento de álcool, a tampa foi fechada hermeticamente utilizando vaselina. A bomba a vácuo foi ligada por pouco mais de 5 minutos para que todo ar presente em seu interior fosse expulso ficando somente o clorofórmio, nesse mesmo momento foram pesados 6g de solo que não foram fumigados, essa mesma quantidade foi retirada do solo que permaneceu fumigando por 24 horas, ambos colocados em tubos de centrífuga, em seguida adicionou-se 30ml da solução extratora (K_2SO_4), agitado por 1 hora e deixado em repouso por mais 16 horas. Após esse período, retirou-se uma alíquota de 2ml desse extrato e a partir de uma curva padrão foi lido as absorbâncias dos mesmos a um comprimento de onda de 495nm. Para efeito de cálculos também foi determinado o teor de umidade do solo no momento das análises, pois o solo foi reumidificado 72 horas antes, para reativação da atividade microbiana.

4.3.5. Teor de Polissacarídeos Totais do Solo

Os teores de polissacarídeos totais do solo foram determinados pelo método proposto por Lowe (1993), sendo adotados os procedimentos descritos por Martins (2008). Para a determinação dos teores de PST no solo, utilizou-se um pré-tratamento das amostras com H_2SO_4 12 mol L^{-1} , à temperatura ambiente, seguida por hidrólise com H_2SO_4 0,5 mol L^{-1} . Para isso, 0,5 g de solo foi transferido para erlenmeyer de 250 mL, ao qual foram adicionados 4 mL de H_2SO_4 12 mol L^{-1} . Depois de 2 horas de repouso, foram adicionados 92 ml de água destilada para diluição da solução de H_2SO_4 a 0,5 mol L^{-1} . Logo em seguida, o frasco foi autoclavado por 1 h a 103 kPa, produzindo temperatura de aproximadamente 121 °C. Depois de frio, o conteúdo foi filtrado em papel-filtro quantitativo de filtragem lenta para um balão volumétrico de 100 mL. Utilizou-se água destilada para lavar os resíduos até completar o volume do balão. Desse conteúdo, foi pipetado 1 mL e transferido para um tubo de ensaio e, logo em seguida, foi adicionado 1 mL de solução de fenol a 5% (peso/volume), seguido pela adição de 5 mL de H_2SO_4 concentrado 96%,. Depois de 10 minutos de repouso, os tubos de ensaio foram colocados em bandeja com água (25–30 °C) por 25 min. As soluções tiveram suas absorbâncias medidas em um espectrofotômetro a 490 nm. A conversão dos valores de absorbância em polissacarídeos, em g kg^{-1} , foi realizada a partir de um curva padrão construída com valores de absorbância e concentrações iniciais conhecidas de glicose.

4.4. Análises Estatísticas

Os resultados obtidos dos atributos avaliados foram tratados estatisticamente por análises de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando programa estatístico SAS® system (SAS Institute, 2006).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação da área em São João do Cariri

Os maiores teores de CO foram verificados na camada superficial (0-5 cm), com teores variando de 9,46 a 4,43 g kg⁻¹ entre as áreas amostradas (Tabela 3), possivelmente, em função de ser a camada onde ocorrem os maiores aportes de resíduos orgânicos, tanto de origem vegetal, como os de origem animal. Todos os sistemas de uso do solo apresentaram diminuição nos teores de CO com o aumento da profundidade, fato comumente relatado na literatura (Cannellas et al., 2000; Souza & Melo, 2003).

Tabela 3. Teores de carbono orgânico (CO), carbono das frações ácidos fúlvicos (C-AF), ácidos húmicos (C-AH), humina (C-HU) e relações entre elas em Luvisolo crômico sob diferentes usos.

Uso do solo	CO	C-AF	C-AH	C-HU	C-AF/CO	C-AH/CO	C-HU/CO	C-AH/C-AF
----- g C kg ⁻¹ solo -----					----- % -----			
0 – 5 cm								
CP	5,32 b	0,33b	1,19a	0,49c	6,32 b	22,37 a	9,27 a	3,60 a
CPC	4,43 b	0,18c	0,87b	0,95b	4,24 c	19,75 a	21,63 a	4,83 a

PF	9,46 a	1,31a	0,10c	1,69a	13,86 a	1,06 b	17,92 a	0,07 b
5 – 10 cm								
CP	3,61 b	0,20b	0,96b	0,59b	5,79 b	26,59 b	16,54 a	4,80 b
CPC	3,31 b	0,14b	1,37a	0,97b	4,29 a	41,51 a	29,59 a	9,78 a
PF	7,51 a	0,89a	0,45c	1,61a	11,96 a	6,08 c	21,46 a	0,50 c
10 – 20 cm								
CP	2,6 b	0,20b	0,81b	1,08b	7,73 a	31,35 a	42,88 a	4,05 b
CPC	3,37 b	0,06c	0,96a	1,03b	1,84 b	29,49 a	30,83 b	16,0 a
PF	6,68 a	0,55a	0,20c	1,51a	8,23 a	6,08 b	22,71 b	0,36 c

CP = Caatinga preservada; CPC = Caatinga com pastejo caprino; PF = Palma forrageira. CO = carbono orgânico; C-AF = fração ácido fúlvico; C-AH = fração ácido húmico; C-HU = humina; EA = extrato alcalino (C-AF + C-AH). Médias seguidas de mesma letra, entre os diferentes usos e dentro de cada camada, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O carbono orgânico foi maior na área cultivada com palma forrageira, nas três camadas avaliadas, apresentando incrementos da ordem de 77%, 13% e 156% em comparação com a área de caatinga preservada, para as profundidades de 0-5; 5-10 e 10-20 cm, respectivamente. Apesar dessa área ter sido manejada com sistema de cultivo convencional (preparo e revolvimento do solo com enxada) e da palma ser uma planta que deposita poucos resíduos vegetais ao solo, em função das suas características fisiológicas, a explicação para esse incremento significativo nos teores de CO pode ser devido a liberação de exudados do sistema radicular, assim como a deposição de resíduos culturais na superfície do solo, em função dos cortes para fornecimento animal. Brandão et al. (2011), avaliando a fitomassa aérea e o potencial de adição de carbono de diversas espécies forrageiras, verificaram que a fitomassa de palma forrageira produziu uma quantidade significativa (15,20 Mg.ha⁻¹) quando comparada às demais forragens avaliadas no estudo, equivalendo a 5,57 Mg.ha⁻¹ de carbono.

Com relação aos teores de carbono das frações húmicas (Tabela 2), observa-se que na porção ácido fúlvico (C-AF), o sistema cultivo de palma forrageira (PF) apresentou maiores valores em todas as camadas estudadas, especialmente na camada mais superficial 0-5cm, decaindo nas camadas subsequentes. A predominância de ácidos fúlvicos pode estar ocorrendo pela presença de alguma condição que limita o processo de humificação, cuja explicação carece de estudos mais detalhados. Os dados encontrados no presente trabalho divergem de al-

guns citados na literatura (Canellas et al., 2000; Benites et al., 2001), onde em geral, há uma maior concentração do C-FAF em profundidade, em função da sua solubilidade e maior mobilidade em qualquer valor de pH. Os teores de C-FAH na camada de 0-5cm, foram maiores na área de caatinga preservada, seguida pela área de caatinga com pastejo de caprino.

Os valores mais elevados dessa fração na camada superficial, está em função da sua menor solubilidade e tendência a se acumular na camadas superiores (Benites et al., 2001). Entretanto, ao analisar as camadas 5-10 e 10-20 cm, verificou-se que os maiores teores de C-FAH foram encontrados na área de caatinga com pastejo de caprino. O cultivo de palma forrageira favoreceu uma maior concentração da fração C-HUM em comparação com os demais sistemas de uso em todas as camadas analisadas. Algum processo durante a formação das substâncias húmicas na área de cultivo de palma, pode ter contribuído para a redução ou não formação de ácidos húmicos. Canellas et al. (2001), explicam que a transformação da matéria orgânica pode não favorecer a formação de ácidos húmicos e, provavelmente, acarretar a estabilização direta, via interação com a fração mineral, ou seja, da fração ácido fúlvico ocorre direto a formação da humina, sem passar pela formação do ácido húmico, ou ainda, resultar, após o processo de humificação, na dissociação em moléculas menos condensadas, como é o caso de ácidos fúlvicos.

Fato que pode ser comprovado através do índice de humificação (C-FAH/C-FAF), cujos valores dessa relação se forem superiores a 1,0 indicam um maior grau de polimerização da matéria orgânica (Benites et al., 2005), com o predomínio da FAH em relação à FAF, formando um material orgânico mais estável (Canellas et al., 2001). A relação C-FAH/C-FAF manteve-se acima de 1,0 para as áreas utilizadas com caatinga preservada e caatinga com pastejo de caprino, em todas as profundidades, o que demonstra que nessas áreas há o favorecimento do processo de humificação e formação de ácido húmico. Em contrapartida, na área manejada com palma forrageira, os valores foram inferiores a uma unidade, indicando um menor grau de polimerização dos componentes húmicos nesses ambientes. Podendo esse fato estar associado a uma maior intensidade dos processos oxidativos, estimulados pela revolvimento do solo, o que pode estar interferindo na formação de substâncias húmicas mais condensadas (Valladares et al., 2008).

De uma maneira geral, os sistemas de manejo CP e CPC apresentaram os maiores teores de carbono nas formas de fração ácidos húmicos e humina, em todas as camadas. Contudo, para o tratamento PF os maiores teores estão concentrados na fração ácidos fúlvicos e humina,

nas diferentes camadas avaliadas, evidenciando que esse sistema de uso promove um menor grau de humificação da matéria orgânica, em função dos reduzidos teores de carbono na forma de ácidos húmicos. Geralmente a humina é a fração da matéria orgânica que apresenta uma maior significância em termos de reserva de carbono orgânico do solo (Ferreira et al., 2004). A predominância dessa fração humina deve-se às suas características de alta massa molecular e à forte interação com a fração mineral do solo conferindo resistência à degradação microbiana (Stevenson, 1994). Os resultados obtidos nas frações húmicas na região da Borborema paraibana indicaram diferenças entre o uso mais preservado (CP) e cultivo da palma forrageira, a qual foi caracterizada como a que promoveu as maiores alterações entre as frações, principalmente, pelo reduzido grau de humificação. Estudos que avaliem essas alterações nesse sistema de manejo devem ser desenvolvidos para se esclarecer a evolução da matéria orgânica.

A Figura 3, revela uma diferença significativa entre os sistemas de manejo estudados apenas na camada de 0-5cm, no tocante a valores de carbono da biomassa microbiana do solo (CBM). Onde os maiores valores se concentram no sistema CPF, não havendo diferença significativa em VCP e VCPC. Em CPF, percebe-se uma redução significativa nos valores de CBM, a medida que aumenta a profundidade, em VCP os maiores valores estão concentrados nas primeiras camadas, 0-5 e 5-10cm, não havendo diferenças significativas entre as camadas estudadas para VCPC. O maior aporte de material orgânico incorporado ao solo via depósito das plantas e um maior fornecimento de energia aos microorganismos, via exudados radiculares, implicaram em um maior acúmulo de carbono pela biomassa microbiana no sistema CPF, onde também é proporcionado um ambiente favorável ao aumento da população microbiana, essa redução significativa entre as camadas, nesta mesma área, reforça a idéia de que a biomassa microbiana é muito sensível as alterações nas formas de carbono orgânico do solo. O fornecimento constante de material orgânico mais susceptível a decomposição, na região rizosférica, promove uma menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade. Segundo Sampaio (2005). Uma característica da palma forrageira é a morte e renovação de um percentual de raízes, conforme a falta de água por períodos mais prolongados e o retorno da umidade ao solo.

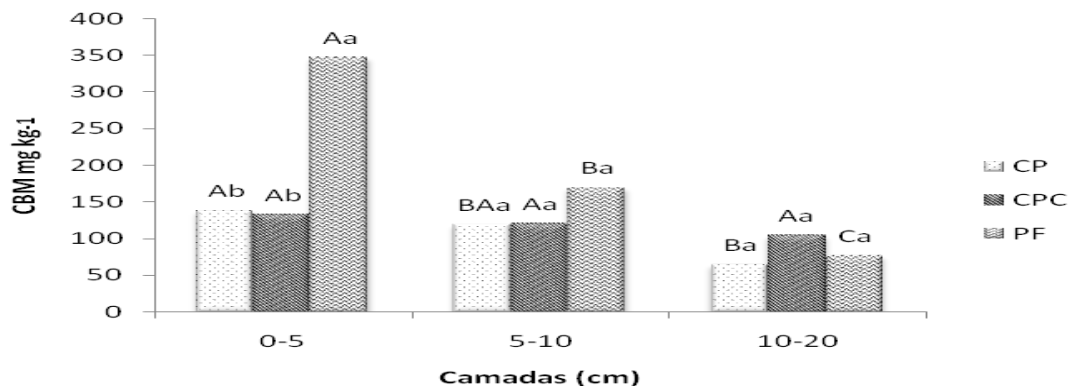


Figura 3. CBM = Carbono da biomassa microbiana do solo em diferentes sistemas de manejo e profundidades. CP; CPC; PF = vide tabela 2. Mesmas letras minúsculas (sistemas de manejo), maiúsculas (camadas) não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

A baixa atividade microbiológica obtida nos solos de vegetação de caatinga preservada, em comparação a área cultivada com palma, pode ter ocorrido, provavelmente, devido as condições típicas do clima semiárido, sendo desfavorável aos microorganismos viventes neste habitat. Os solos das regiões semiáridas apresentam, geralmente, baixos estoques de carbono em decorrência, especialmente da limitada disponibilidade de água e reduzida produtividade primária, a principal fonte do carbono orgânico do solo (Leite, 2010). As secas diminuem a biodiversidade de maneira direta, agindo sobre as espécies da cobertura vegetal e sobre os organismos vivos do solo, que por falta de água e cobertura morrem ou deixam de crescer e se reproduzir, podendo acelerar a oxidação da matéria orgânica e a salinização do solo (Mendes, 1997). Semelhante aos resultados encontrados nesse trabalho, Geraldles et al. (1995), evidenciaram que o desenvolvimento microbiano é maior nas camadas superiores do que nas inferiores, onde encontraram redução de 72% nos valores de CBM, quando se compararam as camadas de 0-10cm com a de 20-30cm.

A relação CBM/CT fornece uma medida de qualidade da matéria orgânica. Ela representa o acúmulo de carbono nos microrganismos sem alterações no estoque de carbono do solo (Gama-Rodrigues, 1999), em um sistema onde a biomassa passa por algum estresse, essa relação diminui. Na (Fig. 4), percebe-se que a área PF obteve um maior valor na profundidade 0-5cm, e que houve uma diminuição nas camadas subsequentes, em relação a CP e CPC. Isso mostra que a maior disponibilidade de fonte energética para os microrganismos nesta área, se

concentram nas camadas superficiais, aumentando assim o estresse microbiano em profundidade.

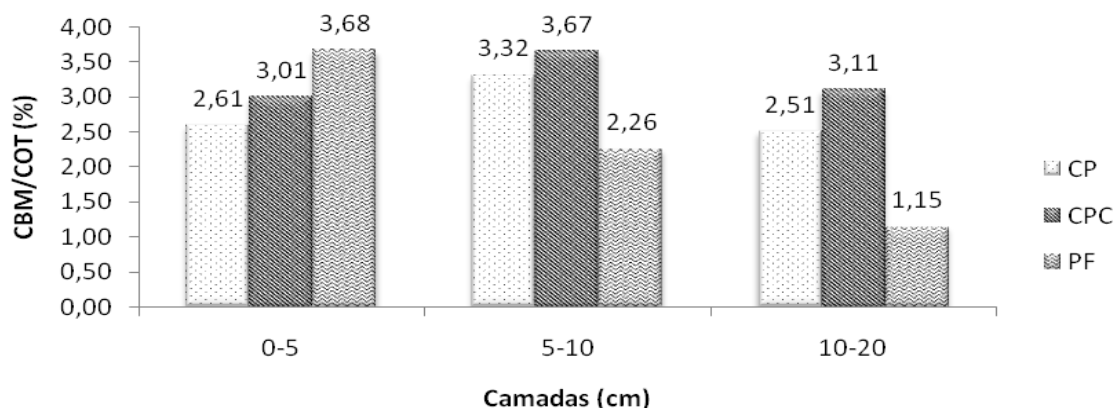


Figura 4. Relação carbono da biomassa microbiana/carbono orgânico total do solo. CP; VCPC; CPF = vide tabela 2. CBM/COT = carbono da biomassa/carbono orgânico total do solo (%).

Da mesma forma que ocorreu com o carbono total do solo, não houve interação entre os sistemas de manejo e as profundidades estudadas, no tocante a polissacarídeos totais do solo. Entre as profundidades não houve diferenças significativas, entre os sistemas de manejo ocorreu diferenças, onde os maiores valores se encontraram em CP, seguida por PF, ficando os menores em CPC (Fig. 5). No solo, o grupo dos polissacarídeos é o principal representante dos carboidratos, sendo esta classe originada de exudados radiculares, microrganismos do solo e resíduos culturais deixados após o manejo ou a colheita da cultura (Liu et al. 2005). Neste contexto e, de acordo com os resultados encontrados neste trabalho, esperava-se uma maior concentração na área CPF, mais vale salientar que os carboidratos são moléculas que se degradam mais facilmente e rapidamente, através da ação de microrganismos. A redução na área com palma forrageira pode ser explicada pelo fato de que, as melhores condições dadas a sobrevivência dos microrganismos facilitaram a ação dos mesmos na degradação de tais compostos.

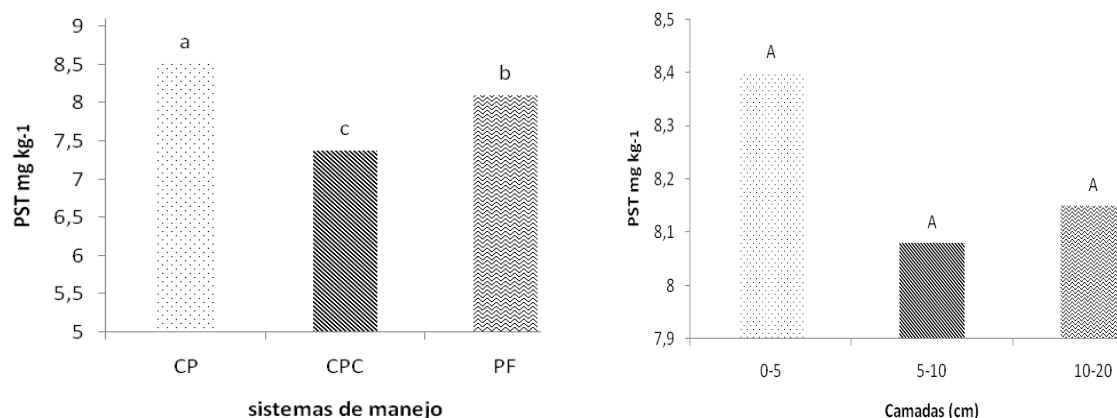


Figura 5. Teores de polissacarídeos totais, mg kg^{-1} , entre os sistemas de manejo e entre as camadas avaliadas, para todos os sistemas. PST = polissacarídeos totais do solo. VCP; VCPC; CPF = vide tabela 2. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

5.2. Avaliação da área em Santa Rita

Não houve diferença estatística significativa para a variável carbono da biomassa microbiana, entre os diferentes sistemas de manejo estudados, nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm. Destacando-se nestas camadas a área A30 com 129,6 e 110,1 mg de C kg de solo, respectivamente (Figura 5). Já para a camada de 5-10 cm, houve diferença significativa entre o sistema A30 e os demais, este com os valores de 179,3 mg de C kg de solo.

O sistema de manejo adotado na área A30 possui um diferencial, pois a mesma adota um regime de incorporação dos restos da cultura do abacaxi, após cada ciclo, a uma profundidade de cerca de 0,20 m, aguardando-se para a decomposição prévia dos resíduos com intervalo de 30 dias. Este fato explica em partes os maiores aportes observados nesta área, na camada de 5-10cm. A manutenção dos restos culturais no solo, com ou sem incorporação, e as práticas de conservação do solo, enriquecem-no com matéria orgânica e reduzem os impactos negativos que possam advir do manejo intensivo e sucessivo das áreas (Moreira & Siqueira, 2002), assim como os resíduos vegetais retornados ao solo proporciona a ocorrência de menor variação e de níveis mais adequados de temperatura e umidade (Oliveira et al., 2001).

Apesar de não haver efeito estatístico significativo, a área A10 obteve os menores valores na camada mais superficial, 0-5cm, 78,4 mg de C kg de solo (Figura 6). Isto pode ser explicado pelo fato de a área A10 ser onde houve o maior revolvimento do solo, cultivada durante 10 anos por manejo convencional do solo, sem adoção de práticas conservacionistas, e recentemente sofreu novo revolvimento em função da implantação da cultura da cana de açúcar. Para Reganold et al. (2000), o manejo do solo no sistema convencional reduz o C microbiano, por envolver baixa manutenção da cobertura vegetal e maior revolvimento do solo. Uma redução nos teores de carbono da biomassa microbiana também foram observadas por D'Andréa et al. (2002) provocada pela mobilização do solo para implantação de pastagens e culturas anuais. Isso demonstra também a sensibilidade da biomassa microbiana às mudanças no manejo ou uso do solo, sendo assim logo após uma alteração ser introduzida, a biomassa microbiana sofre flutuações até atingir um novo equilíbrio (Carter, 1986; Powlson et al., 1987).

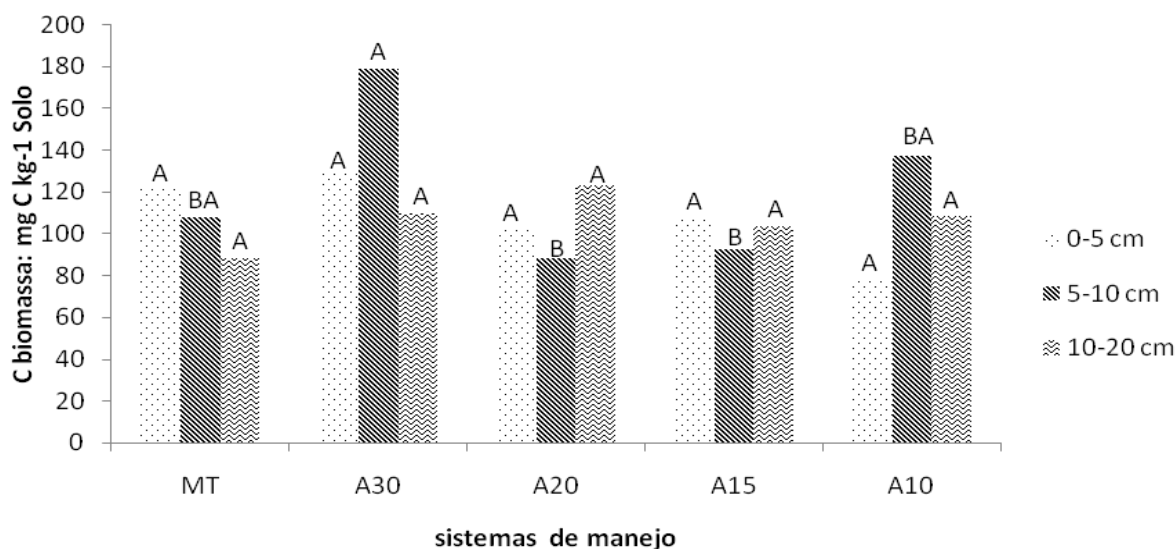


Figura 6: Carbono da biomassa microbiana do solo. MT – Área sob mata nativa de mata atlântica; A30 – Área com trinta anos cultivo de cultivo abacaxi; A20 – Área com vinte anos cultivo de cultivo; A15 – Área com quinze anos cultivo de cultivo abacaxi seguido de dois anos de cultivo com cana de açúcar; A10 – Área com dez anos cultivo de cultivo abacaxi.

Para os atributos químicos relacionados à fertilidade do solo, não houve interação significativa entre os sistemas de manejo, apenas para as camadas. Com relação ao pH percebe-se

valores variando de 4,17 a 5,11. Sendo o menor valor encontrado na área MT e o maior na área A20, apesar de só haver diferença significativa nas áreas A20 e A15 para as profundidades, percebe-se que no geral o pH tendenciou a uma diminuição com o aumento da profundidade (Tabela 4). O maior valor encontrado na área A20, possivelmente, deve ter sido devido ao fato de esta área ter sido utilizada para experimentos, sendo realizado inclusive a prática da calagem, mais ainda assim se observa acidez elevada, possivelmente devido as condições de acidez natural, devido a alta pluviosidade e altas temperaturas.

Os menores valores de pH foram verificados na área MT, geralmente solos sob mata apresentam menores valores de pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo. Feitosa (2004) detectou problemas de acidez (pH 4,7), altos teores de alumínio trocável e baixa saturação por bases, em um fragmento de Mata Atlântica.

O clima também pode ser um fator de acidificação do solo, pois altas precipitações pluviiais apresentam tendência a maior acidificação do solo pela remoção de cátions de caráter básico do complexo de troca como, Ca, Mg, K e Na, e consequentemente acúmulos de cátions de natureza ácida como, Al e H. Por outro lado áreas cultivadas podem apresentar acidez acentuada pela absorção dos cátions básicos pelas culturas e exportados com a colheita (Souza et al. 2007). Os teores de P variaram de 2,82 a 26,45 mg dm³, sendo a área A30 a que apresentou os maiores valores em todas as camadas estudadas (26,45; 23,20 e 18,55 mg dm³) respectivamente nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm (Tabela 4). Nesta área possivelmente, os restos culturais do abacaxi deixados na superfície do solo reduzem a taxa de decomposição, aumentando o conteúdo de P orgânico, assim a maior atividade microbiana nas camadas superficiais aumentam o estoque de P orgânico armazenado na biomassa microbiana, o qual pode se tornar disponível via mineralização (Conte, 2001).

O potássio (K) apresentou uma variação de 50,42 a 17,57 mg dm³, sendo o maior valor na área A15 e o menor na área MT. Na camada de 0-5 cm, o maior valor foi encontrado na área A15, já nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, os maiores teores foram encontrados na área A20, respectivamente 37,17 e 26,61 mg dm³, respectivamente. As mesmas áreas A15 e MT, foram as que apresentaram os maiores valores de Al trocável, já os menores valores foram encontrados na área A20, em todas as camadas. Os teores de H+Al também seguiram a mesma tendência do Al trocável (Tabela 4).

Os teores de Ca e Mg foram mais expressivos na área A20, possivelmente devido aos experimentos realizados nessa área, que envolveu inclusive calagem. Em geral os valores de P, Ca e Mg sofreram maiores perdas nas áreas onde não ocorreu um manejo mais conservacionista do solo, ou seja nas áreas A10 e A15, podendo inferir que a mudança no uso do solo interferiu na dinâmica desses nutrientes. Os teores de Ca e Mg e principalmente de H+Al contribuíram para elevar a CTC do solo no sistema MT, onde foi encontrado os maiores valores. Os menores valores da CTC foram verificados na área A10, indicando a menor capacidade para reter cátions em forma trocável, entre os sistemas estudados.

A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$; solos distróficos (pouco férteis) = $V\% < 50\%$. Neste estudo todos os valores encontrados estão abaixo de 50%, sendo os maiores valores encontrados na área A20 e os menores na área A15, seguido da área A10. Isso pode ser contribuição do manejo do solo, pois apesar de estarem sendo utilizadas por mais tempo, as áreas A20 e A30 adotam práticas conservacionistas.

Os maiores teores de MOS foi obtido na área A15 (Tabela 4), superando a mata nativa, isso se deve possivelmente ao fato da sucessão de cultivo abacaxi – cana-de-açúcar, pois a cana-de-açúcar, assim como outras gramíneas, possui uma intensa ciclagem de raízes (D'Andréa et al., 2002). Contribuindo assim com o incremento de C e MOS nessa área. Com exceção da A10, os demais sistemas estudados apresentaram teores de MOS acima de 4%, mais uma vez indicando que o manejo adotado pode ter influenciado, uma vez que se percebe, principalmente nas camadas superficiais, um aumento nos teores de MOS, quando há incorporação dos restos culturais.

Tabela 4: Atributos Químicos do solo, nos diferentes tipos de manejo, em Santa Rita – PB.

Tratamentos	Camadas	pH	P	K ⁺	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	V	MOS
		H ₂ O (1:2,5)											
			-----mg dm ⁻³ -----	-----cmolc dm ⁻³ -----							%	g kg ⁻¹	
MT	0-5 cm	4,45a	5,11a	28,12a	0,6b	2,72a	1,48a	0,05a	15,61b	4,34a	19,955b	21,65a	58,337a
	5-10 cm	4,17a	4,64a	22,08a	1,45a	1,86b	1,25a	0,05a	20,09a	3,22a	23,315a	13,93b	73,55a
	10-20 cm	4,28a	2,82a	17,57a	1,475a	0,82c	1,17a	0,04a	15,34b	2,09a	17,435b	12,0b	46,55a
A20	0-5 cm	5,11a	14,16a	41,69a	0,11b	3,63a	1,56a	0,06a	9,46a	18,8a	14,825a	35,965a	47,22a
	5-10 cm	5,13a	3,24a	37,17ba	0,12b	4,1a	1,31ba	0,05a	9,36a	5,56b	14,925a	37,005a	40,42a
	10-20 cm	4,79b	3,14a	26,61b	0,37a	2,33b	0,86b	0,05a	9,9a	3,32b	13,222a	25,705b	35,3a
A30	0-5 cm	4,97a	26,44a	26,61a	0,47a	1,6a	0,65a	0,05a	10,31a	2,36a	12,677a	18,855a	38,737a
	5-10 cm	4,91a	23,20a	19,08a	0,47a	1,56a	0,71a	0,05a	9,87a	2,37a	12,252a	19,015a	45,742a
	10-20 cm	4,84a	18,51a	15,43a	0,52a	1,21a	0,68a	0,06a	9,44a	2,00a	11,455a	17,025a	41,427a
A10	0-5 cm	4,69 a	4,13a	24,03a	0,66a	0,76a	0,43a	0,12b	9,38a	1,38a	10,775a	13,384a	22,292a
	5-10 cm	4,54a	5,04a	32,15a	0,76a	0,8a	0,37a	0,2a	9,71a	1,45a	11,172a	13,253a	39,412a
	10-20 cm	4,41a	3,41a	26,06a	0,68a	0,61a	0,3a	0,1b	8,39a	1,07a	9,4741a	11,649a	56,817a

	0-5 cm	4,61a	4,16a	50,42a	1,13b	0,88a	0,4a	0,05a	16,87a	1,47a	18,346a	8,028a	111,327a
A15	5-10 cm	4,40ba	3,46a	29,11ba	1,30ba	0,8a	0,35a	0,03a	15,96a	1,25a	17,21ba	7,4005a	86,996a
	10-20 cm	4,27b	4,55a	18,96b	1,37a	0,45a	0,2a	0,03a	14,81a	0,72a	15,539b	4,748a	92,705a

MT – Área sob mata nativa de mata atlântica; A30 – Área com trinta anos cultivo de cultivo abacaxi; A20 - Área com vinte anos cultivo de cultivo; A15 - Área com quinze anos cultivo de cultivo abacaxi seguido de dois anos de cultivo com cana de açúcar; A10 - Área com dez anos cultivo de cultivo abacaxi.

6. CONCLUSÕES

Área sob diferentes usos

A área cultivada com palma forrageira (PF) obteve as maiores concentrações de carbono orgânico no solo, e promoveu um menor grau de humificação da matéria orgânica, apresentando maiores teores de C na forma de ácidos fúlvicos em relação a fração ácidos húmicos.

O carbono da biomassa microbiana e os polissacarídeos totais se mostraram variáveis sensíveis ao manejo do solo.

Área sob diferentes manejos

A incorporação dos restos culturais do abacaxizeiro promoveu um aumento no teor de carbono da biomassa microbiana na área A30, em comparação aos demais tratamentos.

O aumento no teor de MOS na área A15 foi favorecido pela sucessão de cultivo abacaxi – cana-de-açúcar.

Em geral as áreas A10 e A15, onde não se adota um manejo de incorporação de restos culturais, sofreram maiores alterações nos teores de P,Ca e Mg.

7. REFERÊNCIAS

- ANDREOLA, F.; FERNANDES, S.A.P. A microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. In: Microbiota do solo e qualidade ambiental. Silveira, A.P.D.; Freitas, S.S. (Ed). IAC, Campinas, 2007. 312p.
- ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. Biosci. J., v. 23, n. 3, p.66-75, 2007.
- BERTOL, I. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 02, p. 337-345, 2004.
- BERTONI, J.F.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba: Livro Ceres, 1995. 15p.
- BLANCANEUX, Ph., FREITAS, P.L. de, AMABILE, R.F. Le semis direct comme pratique de conservation des sols des cerrados du Brésil central. *Cahiers Orstom*, série Pédologie, Paris, v.28, n.2, p.253-275, 1993.
- BRANDÃO, S.S.da; GIONGO, V.; CUNHA, T.J.F. Fitomassa aérea e o potencial de adição de carbono de espécies forrageiras. Jornada de iniciação científica da Embrapa Semiárido. Petrolina. Anais...Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.
- BRITO, R.J. Indicadores de qualidade do solo em ambiente de tabuleiros costeiros na região norte fluminense, RJ. Seropédica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005. 75p. (Dissertação mestrado).

- CARTER, M.R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. *Soil Till. Res.*, 7:29-40, 1986.
- CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função das variações ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.133-142, 1990.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São João do Cariri, estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- COLOZZI-FILHO, A.; BALOTTA, E.L. & ANDRADE, D. S. Microrganismos e processos biológicos no sistema de plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, S.A.; (Ed). *Inter relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Lavras, viçosa: SBCS, p.487-508, 1999.
- CONTE, E. Atividade de fosfatase ácida e formas de acumulação de fosfato em solo no sistema plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 65p. (Tese de Mestrado).
- CHESHIRE, M.V.; SPARKING, J.P.; MUNDIE, C.M. Effects of periodate treatment of soil carbohydrates constituents and soil aggregation. *The Journal of Soil science*, Oxford, v.34, 105-112, 1983.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. *R. Bras. Ci. Solo*, v.26, p.913- 923, 2002.
- DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FLORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: Efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:241-247, 1997.
- DALLA ROSA, A. Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solo degradado pelo cultivo no solo Santo Ângelo: Latossolo roxo distrófico. 138p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981).
- DE-POLLI, H; JGM GUERRA. C, N e P na biomassa microbiana do solo. *Em: Santos, GA & FAO Camargo (eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. pp 389-411. Editora Genesis, Porto Alegre.1999.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C; Bezdicek, D.F.; Stewardt, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, SSSA, 1994. P.1-20 (Special Publication, 35).
- DORAN, J.W.; Soil quality and sustainability. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro, SBCS, 1997.

- DONTSOVA, K.M.; BIGHAM, J.M. Anionic polysaccharide sorption by clay minerals. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.69, p.1026-1035, 2005.
- DRIESSEN, P.M.; DUDAL, R. Lectures notes on the geography, formation, properties and use of the major soils of the world. Wageningen: Agricultural University, 1989. P.259-271.
- DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S. & DORAN, J.M. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G. eds. *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu, University of Hawaii, 1989. p.33-67.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FACCI, L.D. Variáveis microbiológicas como indicadoras da qualidade do solo sob diferentes usos. IAC – Instituto Agronômico de Campinas. Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical. Dissertação de Mestrado. 2008.
- FEIGL, B.J.; MELILLO, J. & CERRI, C.C. Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondônia (Brazil). *Plant Soil*, 175:21-29, 1995.
- FEITOSA, A. A. N. Diversidade de espécies lorestais arbóreas associada ao solo em topossequência de fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004
- FONTENELE, W.; SALVIANO, A. C.; MOUSINHO, F. E. P. Atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob sistemas de manejo no cerrado piauiense. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 2, p. 194-202, 2009.
- GLOVER, J.D.; REGANOLD, J.P.; ANDREWS, P.K. Systematic method for rating soil quality of convencional, organic and integrated apple orchards in Washington state. *Agriculture Ecosystems and Environment*, v.80, p.29-45, 2000.
- GOERDET, W.J & OLIVEIRA, S.A. Fertilidade do Solo e Sustentabilidade da Atividade Agrícola. In: *Fertilidade do Solo* (eds. Novais, R.F; Alvarez, V.; Barros, N.F; Fontes, R.L.F; Cantarutti, R.B & Neves, J.C.L). SBCS, Viçosa, 2007. 1017p.
- GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: Gonçalves, J.L.M; Benedetti, V. (Ed) *Nutrição e Fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. P.1-57.
- GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; WICHERT, M.C.P.; GAVA, J.L. Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo. In: Gonçalves, J.L.M.; Stape, J.L. (Ed) *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais*. Piracicaba: IPEF, 2002. Cap.3, p.133-204.

- HOUGHTON, R.A. Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A. eds. *Soils and global change*. Boca Raton, CRC Lewis Publishers, 1995. p.45-65.
- JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. *Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: SBCS/UFV, 1996. p. 95-111.
- JACOMINE, P. K. T.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; SILVA, A.P. & MÉLO FILHO, H. F. R. Levantamento exploratório reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura/Sudene, 1972. 650p. (Boletim Técnico, 15; Série Pedologia, 8).
- JENKINSON, DS & JN LADD. Microbial biomass in soil: Measurement and Turnover. *Em: Paul EA & JN Ladd (eds.) Soil Biochemistry*, v.5. p. 415-71. New York. 1981.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.61, p.4-10, 1997.
- KOHL, R.A.; TAYLOR, S.A. Hydrogen bonding between the carbonyl group and wyoming bentonite. *Soil Science*, Baltimore, v.91, p.223-227, 1961.
- LAL, R.; PIRCE, F.J. The vanishing resource. In: Lal, R.; Pirce, F.J. (ed) *soil management for sustainability*. Ankeny: soil and water conservation society, 1991. p.1-5.
- LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: Doran, J.W. (Ed). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Minneapolis: Special Publication, 35, 1994. P. 37-51.
- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. & ARAÚJO FILHO, J. A. Frações de nitrogênio em Luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido Cearense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.381-392, 2008.
- MARTINS, M.R. Carbono orgânico e polissacarídeos em agregados de um latossolo vermelho eutrófico em seqüências de culturas sob semeadura direta. Márcio dos Reis Martins, Dissertação de mestrado. Unesp-Jaboticabal-SP. 2008.
- MCKEAGUE, J.A.; DECONINCK, F.; FRANZMEIER, D.P. SPODOSOLS. IN: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G.F. *Pedogenesis and soil taxonomy. II the soil orders*. Amsterdam: Elsevier, 1983. 410p.
- MELLO, N.A.; Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos e exportação de carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo. Porto Alegre: UFRS, 2006. 248p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo).

- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2002. 626p.
- NÓBREGA, J.C.A. Adição de fosfato e de micorriza, e estabilidade de agregados em amostras de Latossolos cultivados e não cultivados. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1999. 64p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, J. R. A.; MENDES, I. C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.4, p.863-871, 2001.
- OLIVEIRA, A.P. Pedogênese de Espodossolos em ambientes da Formação Barreiras e de Restinga do sul da Bahia. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007a.
- OLIVEIRA, L. B. Mineralogia, micromorfologia, gênese e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semi-árido do Nordeste brasileiro. 2007. 169 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007b.
- OADES, J.M. Mucilages at the root surface. *The Journal of Soil Science*, Oxford, v.29,p.1-16, 1978.
- PAGGA, U. Testing biodegradability with standardized methods. *Chemosphere*, 35:2953- 2972, 1997.
- PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E.T.; CARTER, M.R. Tillage and crop management impacts on soil C storage: use of long-term experimental data. *Soil & Tillage Research*, v. 47, p.07-12 1998.
- PARFITT, R.L.; GREENLAND, D.J. Adsorption of polysaccharide by montmorillonite. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.34, 862-866, 1970.
- POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C. & CHRISTESEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.*, 19:159-164, 1987.
- REGANOLD, J.P.; GLOVER, J.D.; ANDREWS, P.K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic and integrated apple orchards in Washington State. *Agricultural Ecosystem Environmental*, v. 80, p.29-45,2000.
- ROSCOE, R.; BODDEY, R.M.; SALTON, J.C.; Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas*. Roscoe, R.; Mercante, F.M.; Salton, J.C. (Ed) Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, 2006.
- RUEDELL, J. Plantio Direto na Região de Cruz Alta. Cruz Alta: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1995. 134p.

- SAS INSTITUTE. SAS Technical Report. SAS/STAT software: changes and enhancement, Cary NC: SAS Institute. 2006.
- SALTON, J.C. & HERNANI, L.C. Adoção. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. & FONTE, C.Z. Sistema de plantio direto. Brasília, Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p.21-35.
- SEYBOLD, C.A., MAUSBACH, M.J.; KARLEN, D.L.; ROGERS, H.H. Quantification of soil quality. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET, R.F.; STEWART, B.A. (eds.). Soil processes and the carbon cycle. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, p.387-404, 1997.
- SHARMA, K. L.; MANDAL, U. K.; SRINIVAS, K.; VITTAL, K. P. R.; MANDAL, B.; GRACE, J. K. & RAMESH, V. Longterm soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. *Soil Till. Res.*, v.83, p.246-259, 2005.
- SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: Fertilidade do Solo (eds. Novais, R.F; Alvarez, V.; Barros, N.F; Fontes, R.L.F; Cantarutti, R.B & Neves, J.C.L). SBCS, Viçosa, 2007. 1017p.
- SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N. & FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande - MG. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 29, n. 4, p. 719-730, 2005.
- SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M. G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G. R. Significance of phenolic compounds in plant-soilmicrobial systems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Knoxville, v.10, n.1, p.63-121, 1991.
- SMITH, J.L; EA PAUL. 1990. The Significance of soil biomass estimates. *Em: Bollag, J.M & G Stotzky (ed.). Soil Biochemistry. Marcel Decker, New York. v.6, p. 357-396.*
- SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: Fertilidade do Solo (eds. Novais, R.F; Alvarez, V.; Barros, N.F; Fontes, R.L.F; Cantarutti, R.B & Neves, J.C.L). SBCS, Viçosa, 2007. 1017p.
- SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. de. Fortaleza: FUNECE, 2000.
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry: Genesis, composition and reactions. 2.ed. New York, Willey & Sons, 1994. 496p.
- SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. *Soil Sci.*, 166:858-871, 2001.
- TRUMBORE, S. Age of soil organic matter and soil respiration: Radiocarbon constraints on below-ground C dynamics. *Ecol. Appl.*, 10:399-411, 2000.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre : UFRGS, 1997. 174p. (UFRGS. Departamento de Solos, 5).

- VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-882, 1995.
- WANG, X.; GONG, Z. Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. *Geoderma*, Amsterdam, v.81, p.339-335. 1998.
- WARDLE, DA. 1998. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: A global-scale synthesis. *Soil Biol. Biochem.* 30: 1627-1637.